

事業戦略ビジョン

提案プロジェクト名：航空機主要複合材構造部品の軽量化・生産高レート化・複雑形状化に関する研究

提案者名：三菱重工業株式会社、代表名：代表取締役社長/CEO 泉澤 清次

目次

1. 事業戦略・事業計画

- (1) 産業構造変化に対する認識
- (2) 市場のセグメント・ターゲット
- (3) 提供価値・ビジネスモデル
- (4) 経営資源・ポジショニング
- (5) 事業計画の全体像
- (6) 研究開発・設備投資・マーケティング計画
- (7) 資金計画

2. 研究開発計画

- (1) 研究開発目標
- (2) 研究開発内容
- (3) 実施スケジュール
- (4) 研究開発体制
- (5) 技術的優位性

3. イノベーション推進体制（経営のコミットメントを示すマネジメントシート）

- (1) 組織内の事業推進体制
- (2) マネジメントチェック項目① 経営者等の事業への関与
- (3) マネジメントチェック項目② 経営戦略における事業の位置づけ
- (4) マネジメントチェック項目③ 事業推進体制の確保

4. その他

- (1) 想定されるリスク要因と対処方針

1. 事業戦略・事業計画

1. 事業戦略・事業計画 / (1) 産業構造変化に対する認識

航空輸送CO2削減のため複合材適用・技術伸長の必要性が拡大

カーボンニュートラルを踏まえたマクロトレンド認識

(社会面)

- 我が国のCO2総排出量のうち運輸部門は18.5%を占め、そのうち国内航空は5%(1,054万t)を占める。

(経済面)

- COVID-19の落込みはあるものの長期的には航空需要は増大。
- 中でも単通路機の需要増が見込まれる。

(政策面)

- 日本政府は、2050年までに温室効果ガスの排出を全体としてゼロにする社会の実現を目指すことを宣言。
- 国土交通省は、新技術の導入、運航改善促進、SAFの促進、を航空機運航分野におけるCO2削減策として掲げている。
- ICAOにて排出量取引制度をCO2削減策として採択。

(技術面)

- 電化・水素航空機は、重量・容積により航続距離の制約が生じる。
- 機体構造の軽量化はあらゆる形態の機体に対し消費エネルギー軽減効果をもたらす。

- 市場機会**：双通路機に比べ進んでいない単通路機の複合材化と、革新的機体形状を実現する複雑形状部品・更なる軽量化技術の、市場機会は大きいと考える。軽量化技術は水素・電化航空機の航続距離延長にも寄与し、機体性能を左右するコア技術である。

- 社会・顧客・国民等に与えるインパクト**：日本の強みである複合材製品が世界的OEMの次世代機に採用されることにより、CO2削減へのわが国の貢献を国内外に印象付けることができる。

カーボンニュートラル社会における産業アーキテクチャ

- 航空機産業でカーボンニュートラルを実現するには、大別して、“新技術導入”と“SAF促進”が挙げられる。
- “新技術導入”のうち、小型・短距離輸送においては、電動飛行機などの開発・社会実装において新興OEMやスタートアップ企業の市場参入が予想されるが、中大型旅客機(単/双通路機)の開発・製造では、既存OEMとそのパートナーによる産業構造は維持されると想定。

航空輸送産業が目指すカーボンニュートラル社会のゴール



- 当該変化に対する経営ビジョン**：世界有数の複合材構造開発・製造技術をベースに革新的新技術を取り込むことで、構造軽量化と高レート生産を実現し、世界的OEMのTier1として航空輸送の急激な脱炭素化に貢献する。

略語

- ICAO: International Civil Aviation Organization
- OEM: Original Equipment Manufacturer
- SAF: Sustainable Aviation Fuel

1. 事業戦略・事業計画 / (2) 市場のセグメント・ターゲット

民間航空機のうち新規国際開発単通路機・双通路機を参入ターゲットと想定

セグメント分析

- 航空輸送のCO2排出量のうち、単通路機が36%、双通路機が57%を占め、両セグメントのCO2排出削減ニーズは高い。
- コロナ禍からの回復遅れや、ウクライナ情勢の先行き不透明といった新規需要の押し下げリスクはあるが、他社においても定量的な見通しは立っておらず、単通路機は今後20年で約3万機の新規需要を見込む。9割以上金属である現行構造の複合材化による軽量化や革新的形状飛行機によるCO2排出削減ポテンシャルは高い。複合材化が先行している双通路機でも、複合材性能向上による更なる軽量化でCO2排出削減に貢献できる。
- 市場シェア獲得には生産高レート化、複雑形状化、また、更なる軽量化を実現する技術が必要。

ターゲットの概要

- ターゲット市場：次世代単通路機もしくは双通路機
 - 事業化予定時期：2030年代
 - 既存形状を踏襲した場合でも、機体構造軽量化により燃費向上を図り、CO2排出の低減が可能。
 - 新規需要が多い単通路機では9割が金属構造であり、軽量化のために複合材適用が見込める。双通路機では、金属構造が5割残り、軽量化ニーズにさらに応えるため複合材の適用が拡大する。
 - 単通路機では、需要に応える生産高レート化が必要。
-
- ターゲット市場：革新的複雑形状を持つ次々世代機（高揚抗比機体・水素航空機等）
 - 事業化予定時期：2040年以降
 - 次々世代の単通路機は、革新的複雑形状を持つ高効率機体（高揚抗比機体・水素航空機等）への置換が進むが、水素航空機は、燃料容積が大きいいため航続距離に制限が生じる。
 - 軽量かつ革新的複雑形状を実現するには複合材の適用が必要。また、軽量化により、水素航空機の航続距離を延ばす効果が期待できる。

需要家

主なプレイヤー

課題

想定ニーズ

民間
航空機
OEM

完成機メーカー：
Boeing社
Airbus社
など

- 航空輸送のCO2削減

- 軽量化
- 生産高レート化
- 複雑形状化

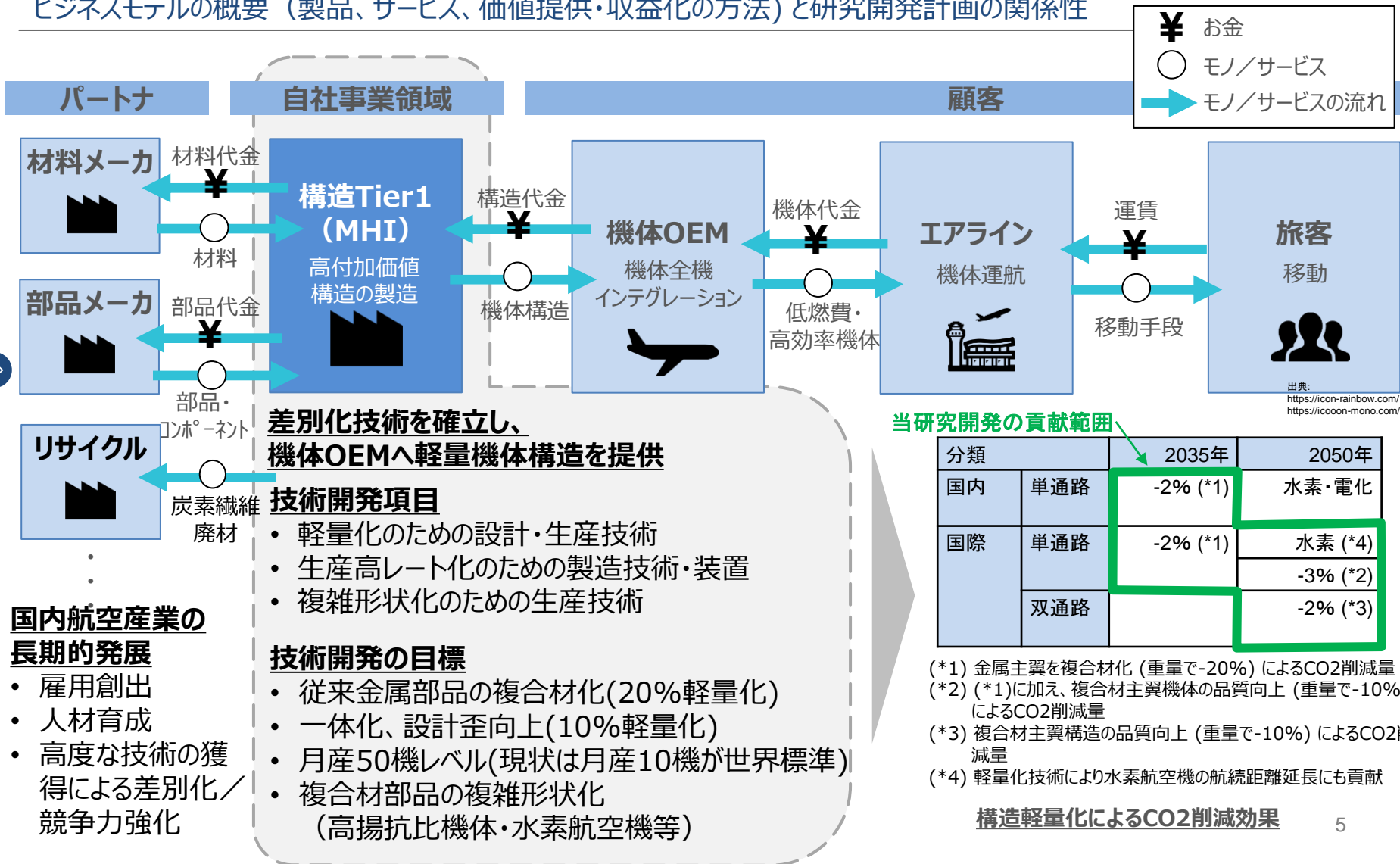
1. 事業戦略・事業計画 / (3) 提供価値・ビジネスモデル

複合材技術開発で軽量・複雑形状構造を提供し、CO2排出量低減に貢献

社会・顧客に対する提供価値

- 社会
 - 移動手段
 - 航空輸送のCO2削減
 - 裾野が広い産業のため、雇用創出や人材育成に貢献
 - 資源の有効活用(リサイクル)を通じて環境負荷低減と地球環境保護に貢献
- 顧客
 - CO2削減に貢献する機体構造
 - 軽量化
 - 生産高レート化
 - 部品の複雑形状化

ビジネスモデルの概要（製品、サービス、価値提供・収益化の方法）と研究開発計画の関係性



略語
 - MHI: Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.
 - OEM: Original Equipment Manufacturer

1. 事業戦略・事業計画 / (3) 提供価値・ビジネスモデル (標準化の取組等)

市場導入(事業化)しシェア獲得するために、ルール形成(標準化等)を検討・実施

標準化戦略の前提となる市場導入に向けての取組方針・考え方

<取組方針>

- 大型機複合材主翼の設計・製造経験を中小型機に適用した際に抽出される課題に取組。(標準化も含めた戦略を検討する)
- 完成機事業で培った技術や、国際標準化に参画して蓄積したノウハウ・経験、安全性に係る認証取得に向けたノウハウ・経験等を標準化の推進/新技術の認証プロセス構築に活用。
- 本事業で開発目標としている認証ロジック確立へ向けて、国内外の航空当局や関係機関、有識者らと調整を進める
- 生産技術についても、デジュール標準化等を見据えて技術開発を行う。

*)デジュール標準・・・ISOやASTMなど公共機関で明文化され発行されている標準。
デファクト標準(明文化されていないこともあるが事実上の標準)の対義語としてしばしば用いられる。

<考え方>

- 航空機の場合、シェアの獲得とルール形成が直結しにくい。
- 国内において現状OEM(完成機)事業が無く、Tier-1の立場で国際航空のルール形成のリードは難しいが、一方、完成機事業が無くとも材料の認定を得るしくみ(日本版NCAMP又はTSOの材料版)等の検討も始まっている。
- 官民協議会WGで国と連携するなど、実現可能スキームを検討する。

国内外の動向・自社のルール形成(標準化等)の取組状況

(国内外の標準化や規制の動向)

- 本事業で開発目標としている複合材主構造の設計・認証技術において、一部当局、製造者、研究機関らにより航空機複合材ハンドブック(CMH-17)として、技術トレンド、証明方法がデファクトスタンダードとして蓄積され公開されている。
- 規制は規範的記述から、満足すべき性能要求が定義される方向(Performance Based Requirements)。具体的な証明方法は、規制文書には記載されていない。

(自社による標準化、知財、規制対応等に関する取組)

- 2022年度に設置された「航空機の脱炭素化に向けた新技術官民協議会」に参加中。官民協議会及びその下の実務者会合や各WGへの参画を通じ、国際標準化の提言等、国の方針とアラインさせ、官民連携して進めていく。

本事業期間におけるオープン戦略(標準化等)またはクローズ戦略(知財等)の具体的な取組内容(※推進体制については、3.(1)組織内の事業推進体制に記載)

標準化戦略

- 本事業で開発目標としている設計・認証技術について、国内外航空当局や関係機関との調整を進め、航空機複合材ハンドブック(CMH-17)等、世界的な標準プラットフォームへの提案を検討。規制要求を満足するための方策の設定に参画していく

知財戦略

- 技術優位確保の為の特許化推進。
- 共同開発段階に、実装時の顧客による適正なIP利用を促すよう契約する。

略語

- CMH: Composite Materials Handbook
- ASTM: American Society for Testing and Materials
- NCAMP: National Center for Advanced Materials Performance
- TSO: Technical Standard Orders

1. 事業戦略・事業計画 / (3) 提供価値・ビジネスモデル (標準化の取組等)


市場導入(事業化)しシェア獲得するために、ルール形成(標準化等)を検討・実施

CMH(Composite Material Handbook)-17

- CMH-17は、MIL-HDBK-17時代から航空業界で最も流通するガイドライン図書。
- FAAが全体主導、各種ハンドブック改訂活動をNIARが牽引、各OEM及びエアラインは追従。
- 新しい複合材技術を国際的に開示し、標準化していくプラットフォームとして最適と想定。
- 複合材主構造の設計・認証技術として、メインターゲットとなるのは、Vol.3(Material Usage, Design, and Analysis)であり、現在は、Rev. Hの改訂に向けて、技術分野毎にTG/WGに分かれて、議論・執筆作業を実施中。



主な参加者(他にも多数のOEMやSupplierが参加)



CMHの構成

1. 事業戦略・事業計画 / (4) 経営資源・ポジショニング

世界有数の複合材構造開発力を活かし、航空輸送CO2削減を実現する機体構造を提供

自社の強み、弱み (経営資源)

ターゲットに対する提供価値

- 構造軽量化を実現する設計歪の向上
- 単通路機への複合材適用拡大に必要とされる生産高レート化
- 水素航空機や高アスペクト比機で想定される革新的機体形状を実現するための複合材部品の複雑形状化
- 日本の強みである複合材技術の国際的優位性の維持・伸長



自社の強み

- 複合材技術
 - 設計/製造技術連携による世界水準の開発力
 - 当時実用化された世界最大の民間機主翼を開発
 - 10機以上の月産レートを実現
- 部品製造・加工パートナーとの信頼関係
 - 量産実績に裏付けされたSCM

自社の弱み及び対応

- 先進複合材開発の進捗
 - 産業レベルの先進複合材開発は欧州が先行。産官学連携した研究開発でキャッチアップを図る。

競合との比較

	技術	顧客基盤	サプライチェーン	その他経営資源
自社 (現在)	<ul style="list-style-type: none"> • 国産航空機開発での複合材構造開発実績 	<ul style="list-style-type: none"> • 海外OEM 	<ul style="list-style-type: none"> • 海外OEM機種 of 量産に基づくサプライチェーンとその管理を実施 	<ul style="list-style-type: none"> • 複合材部品製造・研究資源所有
	↓	↓	↓	↓
自社 (将来)	<ul style="list-style-type: none"> • 以下の技術の伸長。構造コンポーネント新規受注獲得に繋げる。 • 軽量化 • 生産高レート化 • 複雑形状化 	<ul style="list-style-type: none"> • 高度技術提案でOEMとの関係を強化 • ファブレス新興OEM 	<ul style="list-style-type: none"> • 部品製造・加工パートナーとの連携強化や波及により、雇用創出や人材育成を図りサプライチェーンを強靱化 	<ul style="list-style-type: none"> • 研究開発知見、及び社内他事業事例を活用したDX、シミュレーション技術の伸長
競合業者	<p>技術伸長に関連する以下の動きあり。</p> <ul style="list-style-type: none"> • GKN社：RTM開発注力 • Spirit社：A220複合材主翼製造 	<ul style="list-style-type: none"> • OEMに限られるため、Tier1構造コンポーネント業者間の競争が依然厳しい。 	<ul style="list-style-type: none"> • 各社独自のサプライチェーンを構築し、管理を強化 	<p>国際的M&Aや各国の国プロを活用し国際競争力を高める動きあり。</p> <ul style="list-style-type: none"> • GKN社：英国NCC連携・活用 • Spirit社：Bombardier Belfast買収

略語

- DX: Digital Transformation
- M&A: Mergers and Acquisitions
- NCC: National Composite Centre
- OEM: Original Equipment Manufacturer
- RTM: Resin Transfer Molding
- SCM: Supply Chain Management

1. 事業戦略・事業計画 / (5) 事業計画の全体像

2035年頃に事業化、2039年頃の投資回収を想定

- ・ OEMへの、複合材主翼ボックスの供給事業を想定。事業開始時期を2035年度頃と想定。投資回収時期は2039年度。
- ・ OEMへの納入の次年度から運航でのCO2削減効果が発生すると想定。

研究開発 →

年度	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031～	2035～	2039～
売上	—			—				—			—	OEMへ複合材主翼ボックスを供給し、 月産50機程度の売上見込み	
研究開発費	約5億		約36億			約15億			OEMの国際共同開発プログラムに参画 (受注契約)		—	—	
取組の段階	仕様検討		成形シミュレーション・試験			成形評価試験 認証ロジック確立			社会実装 (OEMの国際共同開発プログラム)				
	<small>・ 確立した技術の一部は、研究完了前段階から社会実装に用いる可能性あり(装置含む)。</small>												
CO2削減効果	—			—				—			—	軽量化による燃費向上効果で本研究未実施の場合と比較し約2%削減	

1. 事業戦略・事業計画 / (6) 研究開発・設備投資・マーケティング計画

将来社会実装を見据えて研究開発、設備投資、マーケティングを推進

研究開発・実証

設備投資

マーケティング

取組方針

- 知財戦略
 - 技術優位確保の為の特許化推進。
 - 共同開発段階に、実装時の顧客による適正なIP利用を促すよう契約する。
- 顧客ニーズの確認・PoC戦略
 - 顧客との共同研究活動を通じて顧客との関係を強化し、ニーズを確認する。
 - Building Blockアプローチを取り、要素レベル、部分構造レベル、実大レベルと順に開発・実証し、課題・リスクに対処する。

- 設備・システム導入戦略
 - 可能な限り現有の研究設備を活用し、初期投資の最小化を図る。
 - 生産レートの変化に対応できるよう汎用性が高い設備を導入する。
- 部品調達戦略
 - 既存のSCMを活用・強化する。
- 立地戦略
 - 中部・名古屋地区で大物複雑形状の複合材部品製造や構造組立を実施。
 - 状況に応じて保有する近隣拠点も活用し、追加投資を最小化する。

- 販売戦略
 - 顧客OEMの製品実装戦略をウォッチし、実装レベルに達した技術から社会実証に投入する。
 - 製品性能の要求に応え、また価格でも魅力的な製品提案を行い、次期単通路機の主翼部品の受注確度を高める。
 - 革新的軽量化技術・複雑形状製造技術を2035年以降の将来高効率機体の設計・製造技術としてOEMに提案し、主要構造パッケージの受注を狙う。

進捗状況

- 研究開発・実証
想定する顧客のニーズである軽量主翼部品の一体化と高効率成形を踏まえ、そのポテンシャルを有する材料を用いた製造技術の研究開発（プロセス開発と部品の試作）を推進。

- 設備投資
基本プロセス構築に向けては可能な限り現有の研究設備を活用し、最小限の費用で開発作業を推進中。今年度より将来の自動化を見据えた賦形装置や硬化用オープンなどの装置コンセプト設計を開始。

- マーケティング
顧客OEMの製品実装戦略を調査中

国際競争上の優位性

- 国産防衛機・旅客機開発で複合材構造の設計・製造経験を有し、他国他社に対し技術的優位性がある。

- 複合材構造研究用の現有設備を有効活用し、投資最小化が可能。
- 実装時には、航空産業の裾野が広がる中部・名古屋地区を中心に、経験豊富なパートナー会社、高スキル作業員との連携を図ることが可能。

- OEMへの構造コンポーネント供給実績、及び複合材の差別化技術の提案により、関係性を強化する。

1. 事業戦略・事業計画 / (7) 資金計画

研究開発資金計画

資金調達方針

(単位：億円)

	2021 年度	2022 年度	2023 年度	2024 年度	2025 年度	2026 年度	2027 年度	2028 年度	2029 年度	2030 年度	2031 年度	2032 年度	2033 年度	2034 年度	2035 年度
事業全体の 資金需要	約4.7億		約36.2億				約15億				OEMの国際共同開発プログラムに参画 受注契約を経て、初号機納入、量産開 始に向け、研究開発投資及び設備投資 を実施する予定。				
うち研究開発 投資	約4.7億		約36.2億				約15億								
国費負担 (補助)	約2.3億		約18.6億				約13億 ^{※1}								
自己負担	約2.4億		約18.6億				約2億 ^{※1}								

※1 インセンティブ満額のケース

(上記の自己負担が会社全体のキャッシュフローに与える影響)

- 研究開発の自己負担分は、自己資金から負担可能。
- 事業化に向けた投資額も自社の運転資金上負担可能。但し、実際の契約形態の内容により外部資金活用の可能性もある。

2. 研究開発計画

2. 研究開発計画 / (1) 研究開発目標

主要構造部品の軽量化・生産高レート化・複雑形状化を実現するためのKPI設定

研究開発項目

航空機主要複合材構造部品の軽量化・生産高レート化・複雑形状化に関する研究

研究開発内容

① 機体軽量化の為に一体化成形技術と設計歪の向上

② 複合材適用拡大の為に生産高レート化

③ 将来高効率機体に必要な部品の複雑形状化

アウトプット目標

- 既存複合材構造と比較して10%の軽量化（含、ファスナレス設計の認証方法確立）
- 生産高レート化・複雑形状化のための成形技術の確立（TRL6以上）

KPI

設計歪の向上率

生産レート
(積層、成形、硬化、検査)

形状
(外形長手方向曲率)

KPI設定の考え方

軽量構造設計・開発を実現する為の指標として設定

需要の多い単通路機への複合材適用に向けては高い生産レートが必須条件となる為、これをKPIに設定

将来の高揚抗比機体や水素航空機の機体形状を見定めた上で、その実現に必要な複雑形状を指標として設定

2. 研究開発計画 / (2) 研究開発内容 (全体像)

各KPIの目標達成に必要な解決方法

	KPI	現状	達成レベル	解決方法	実現可能性(成功確率)
1	機体軽量化の為に一体化成形技術と設計歪の向上	設計歪の向上率 ± 0 % (a)設計・認証技術 提案時：TRL2 →現状：TRL2 (b)生産技術 提案時：TRL3 →現状：TRL3)	+ 10% (TRL6)	<ul style="list-style-type: none"> 構造の一体化 欠陥レス (ボイドレス等) 構造の実現 破壊シミュレーションによるファスナレス構造の限界設計と認証技術 	接着部のファスナレス設計の認証は世界初の試みでありハードルは高い (60%)
2	複合材適用拡大の為に生産高レート化	生産レート 複通路機の月産数 (提案時：TRL3 →現状：TRL3)	現状の5倍 (TRL6)	<ul style="list-style-type: none"> 積層、成形、硬化、検査の全工程を高速化 過去手法に捕らわれない革新的な手法・装置の採用 	高度な自動化技術が要求されるが実現可能 (80%)
3	将来高効率機体に必要な部品の複雑形状化	外形 長手方向曲率 直線的 (極めて緩やかな曲率半径) (提案時：TRL1 →現状：TRL1)	曲率半径 現状の1/4以下 (TRL6)	<ul style="list-style-type: none"> 賦形性の良いRTM成形技術の確立 シミュレーションによる治具形状の最適化 	高度な成形技術が要求されるが実現可能 (80%)

略語

- KPI: Key Performance Indicator
- RTM: Resin Transfer Molding
- TRL: Technology Readiness Level

2. 研究開発計画 / (2) 研究開発内容 (これまでの取組)

各KPIの目標達成に向けた個別の研究開発の進捗度

研究開発内容	直近のマイルストーン	これまでの (前回からの) 開発進捗	進捗度
1 機体軽量化の為に一体化成形技術と設計歪の向上	<p>(a)設計・認証技術 ファスナレス設計確立に向けた試験データ取得完了 (FY2026末)</p> <p>(b)生産技術 高速化を両立する欠陥レス成形のキー技術の取得完了 (FY2026末)</p>	<p>(a)設計・認証技術</p> <ul style="list-style-type: none"> ファスナレス構造での設計歪向上に向けて、供試体製造及び試験を継続実施。 ファスナレス設計の認証方法確立、国際標準化に向けて、標準化団体の国際会議の技術協議に参画し、積極的にプレゼンスを發揮。 共同研究先の大学と共に、認証取得の枠組み、標準化に向けた課題整理等に関する技術協議を継続実施。 <p>(b)生産技術</p> <ul style="list-style-type: none"> 複合材製造技術として下記作業を推進中 <ul style="list-style-type: none"> 生産高速化検証用の生産シミュレーション手法の開発を開始 上記生産シミュレーションを実証する為のパイロットスタディとして小物部品の試験を開始 前年の主翼大型部品試作で得た知見を別の高難度大型部品に展開し、更なる技術開発を実施 主翼小型部品向け製造技術の適用先部品の具体化及び昨年度抽出した課題の解決 	<p>(a)設計・認証技術 ○ (理由) 設定した開発スケジュール通りに進捗中。</p> <p>(b)生産技術 ○ (理由) 設定した開発スケジュール通りに進捗中。</p>
2 複合材適用拡大の為に生産高レート化	欠陥レス成形を両立するための高速化キー技術の取得完了 (FY2026末)	上記①(b)生産技術に同じ。	上記①(b)生産技術に同じ。
3 将来高効率機体に必要な部品の複雑形状化	導入装置に対する自動化・複雑形状化に向けた試験データおよび改善項目の整理完了 (FY2026末)	将来高効率機体に求められる複雑形状の把握を目的とした動向調査を実施。海外OEM (米国・欧州) が現在検討中の将来高効率機体の構想や、今後の開発計画を整理。	○ (理由) 計画通り進捗しているため。

略語

- OEM: Original Equipment Manufacturer

進捗度は以下の4段階で評価。

◎ : 計画に対して前倒しで進捗

○ : 計画通りに進捗

△ : 計画に対して遅れ気味であるが、直近のマイルストーン達成に影響ない見通し

× : 計画に対して遅れ気味であり、直近のマイルストーン達成に影響あり

2. 研究開発計画 / (2) 研究開発内容 (今後の取組)

個別の研究開発における技術課題と解決の見通し

研究開発内容	直近のマイルストーン	残された技術課題	解決の見通し
1 機体軽量化の為に一体化成形技術と設計歪の向上	(a)設計・認証技術 ファスナレス設計確立に向けた試験データ取得完了 (FY2026末) (b)生産技術 高速化を両立する欠陥レス成形のキー技術の取得完了 (FY2026末)	(a)設計・認証技術 ・ファスナレス構造での設計歪向上に向けて、代表的な破壊モードの破壊挙動を予測可能とする解析方法構築のための試験データ取得。 (b)生産技術 ・欠陥レスかつ高速化のキー技術の取得 ・部品成形/融着手法開発とその高速化のキー技術の取得	(a)設計・認証技術 ・代表的な破壊モードでの試験を実施し、そのデータに基づき、解析方法を構築していくことで、技術課題が解決可能な見通し。 (b)生産技術 策定した計画に沿って検討・検証作業を実施することで解決できる見通し。
2 複合材適用拡大の為に生産高レート化	欠陥レス成形を両立するの高速化キー技術の取得完了 (FY2026末)	上記①(b)生産技術に同じ。	上記①(b)生産技術に同じ。
3 将来高効率機体に必要な部品の複雑形状化	導入装置に対する自動化・複雑形状化に向けた試験データおよび改善項目の整理完了 (FY2026末)	特になし。	特になし。

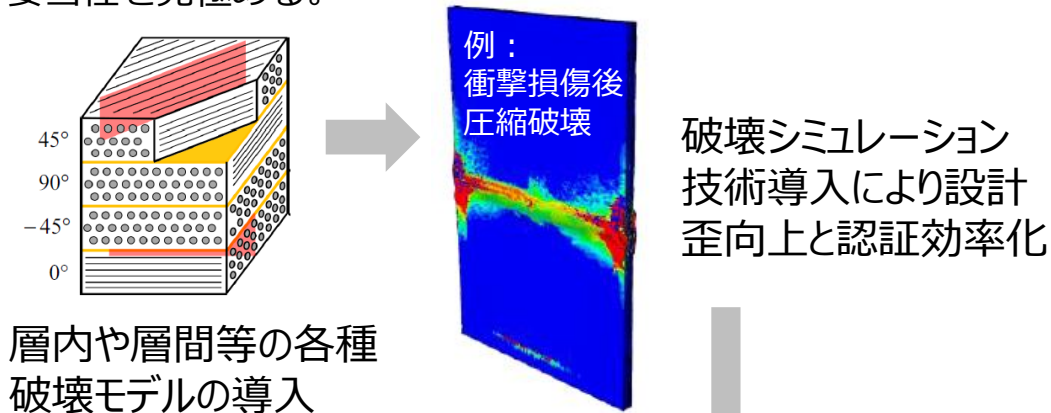
(※) GI基金事業以前より実施している社内研究の延長線

2. 研究開発計画 / (2) 研究開発内容 (個別の研究開発内容の詳細)

1 機体軽量化の為に一体化成形技術と設計歪の向上

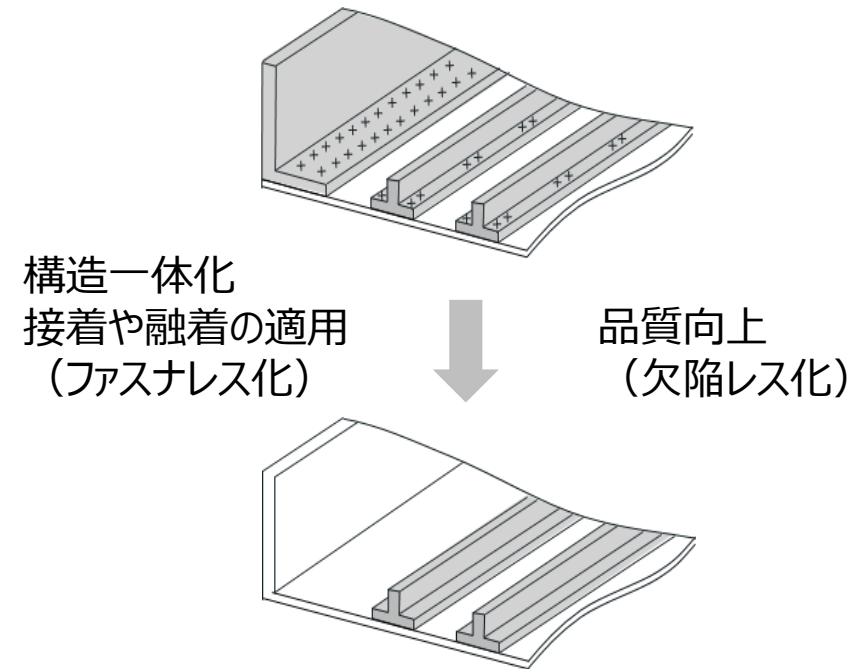
(a) 設計・認証技術 (WG委員より提言頂いた項目)

- 設計手法の高度化：各種破壊しきい値を応力・歪で評価する従来法では、複合材の本来の性能を十二分には活かさない安全側の設計となっているのに対して、各々の破壊モードを試験に裏付けされた数値シミュレーション技術で予測する技術を獲得することで、複合材の限界性能を生かした設計が可能となり、結合部及び一般部での設計歪を向上させる。
- 接着面の性能品質保証方法の高度化：従来の剥離防止ファスナー無しで民間機認証が可能のように性能・品質保証方法を確立する。対象は、熱可塑・熱硬化・マルチマテリアル。
- ファスナーレス主翼ボックス構造仕様：接着・融着・一体成形の適材適所で、ファスナーレス主翼ボックス構造仕様を開発し、妥当性を見極める。



(b) 生産技術

- 従来分割・機械結合されていた部品を、複合材の適用により一体化することで結合部の重量軽減を実現する。部品一体化を可能とする複合材製造技術 (一体成形、接着、融着) を開発する。
- 材料の性能を最大限活かし、設計歪を向上させるために、ポイドなどの強度低下要因 (内部欠陥) を抑制する。



設計歪向上による10%構造軽量化

2. 研究開発計画 / (2) 研究開発内容 (個別の研究開発内容の詳細)

2 複合材適用拡大の為に生産高レート化

広範囲の機体サイズに対応するため、現状の5倍（現状は複通路機の標準的な生産数レベル）を達成する生産高レート化が必要。複合材主翼構造に適したRTM(*)製造プロセス（積層、成形、硬化、検査）の各工程においてサイクルタイム5分の1を目標とする。
(*) Resin Transfer Molding：従来プリプレグ材とは異なり、粘着性のないドライ繊維基材活用で、賦形性が良く複雑形状主翼の製造に適する。

(a) 積層

- ドライ繊維基材の自動積層機の検討
- 積層プライの位置検知/積層方法へフィードバック等により、高速/高精度な積層機を開発
- 複曲面スキンへの積層手法の開発
- 繊維配向の異なる複数のドライ繊維基材を効率的にストック・展開が可能なシステム及び装置仕様の開発

(b) 成形

- 一体成形荷姿（厚板・複雑形状の欠陥レス賦形）での短時間樹脂含浸
- 機体構造の板厚等に合わせた含浸性を有する基材を選定及び開発
- 3D含浸解析の高精度化し大型一体成形部品でも短時間樹脂含浸出来るような樹脂経路をシミュレーションで設定

(c) 硬化

- 型とオープン形状、及び型材料の最適化により硬化時間を短縮
- インバーや複合材の薄板加工技術、治具設計技術の開発
- 高い耐久性を有する複合材成形治具の開発
- 治具の荷姿に合わせたテーラードオープン設計

(d) 検査

- 外観検査及びNDIデータ解析をAI適用により自動化
- 高効率品証技術の構築

サイクルタイムを5分の1に短縮

2. 研究開発計画 / (2) 研究開発内容 (個別の研究開発内容の詳細)

3 将来高効率機体に必要な部品の複雑形状化

将来、CO2排出低減を目的とした超低抵抗機体やゼロエミッション機体等の現行機と大きく仕様の異なる航空機が出現すると考えられる。抵抗低減の為には主翼の高アスペクト比化や低抵抗デバイスの装備が必要となり、ゼロエミッション機体においては水素燃料貯蔵システム等に適した機体構造が必要となる。いずれの場合も、前述の軽量化や生産高レート化に加えて、機体の複雑形状化（曲率半径小・ねじり大）への対応が必要となる。



出典: Boeing
<https://www.boeing.com/features/2019/01/spreading-our-wings-01-19.page>

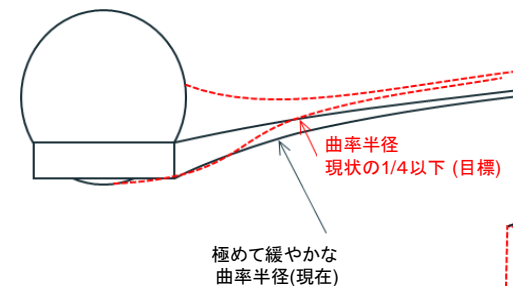


出典: Airbus
<https://www.airbus.com/newsroom/press-releases/en/2020/09/airbus-reveals-new-zeroemission-concept-aircraft.html>

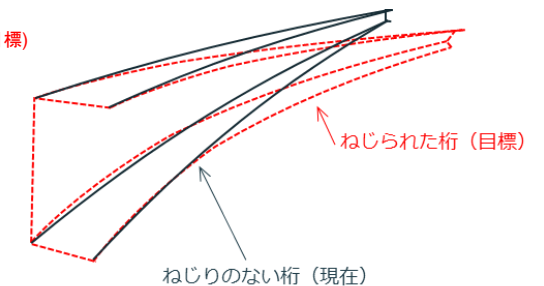
将来高効率機体の複雑形状化に向けた成形技術確立

- 繊維周長差解消する形状設定：形状幾何学解析により、部品形状、積層治具形状の設定。
- 層間すべり性確保：温度条件変えながら層間摩擦を計測し、最適な賦形温度の設定。
- 賦形プロセス設定：賦形解析シミュレーションにより、プロセスの最適化。
- 賦形後の形状保持：賦形直後に形状保持するための押さえ治具の検討、解放温度条件の設定。

(a) 曲率半径小形状への対応

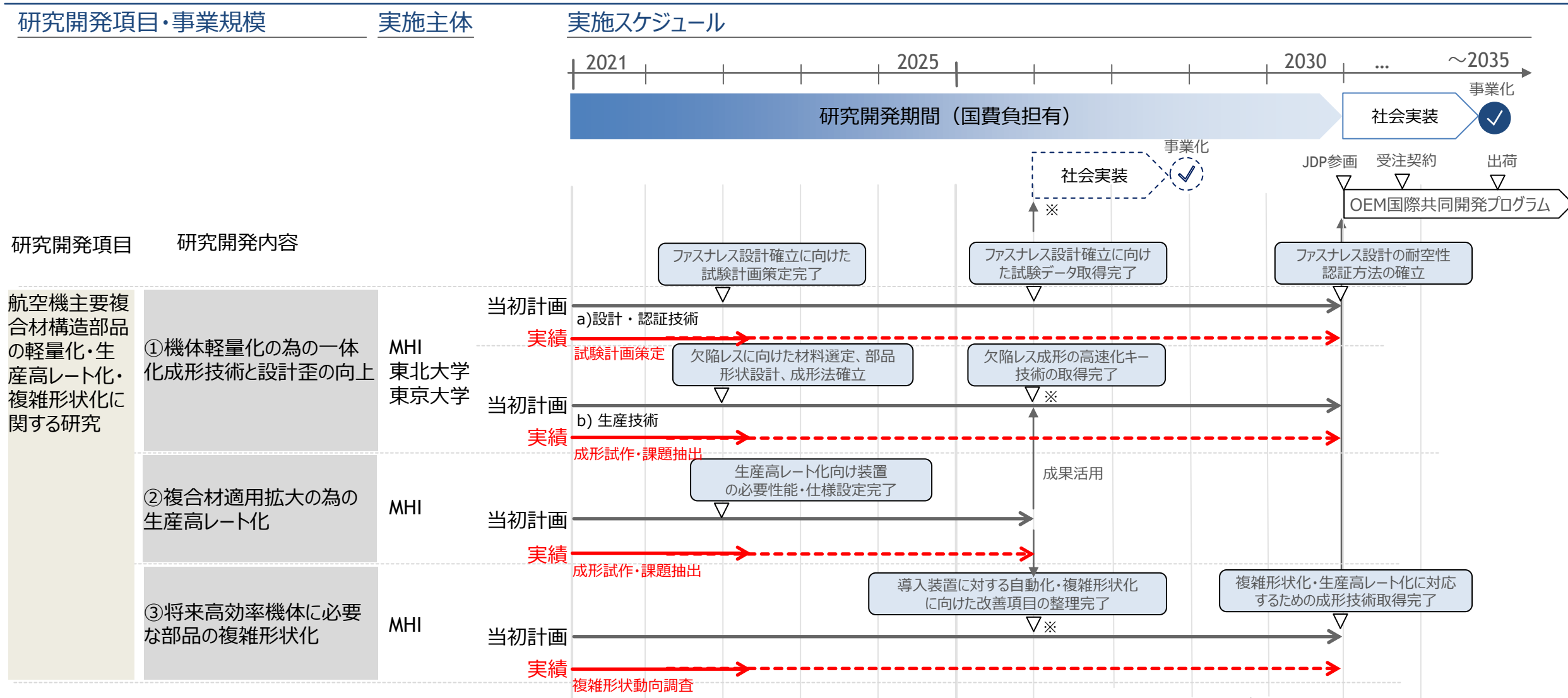


(b) ねじり形状への対応



2. 研究開発計画 / (3) 実施スケジュール

複数の研究開発を平行して推進、中間ゲート管理するスケジュールを計画



※ 確立した技術の一部は、本研究完了前段階から社会実装に用いる可能性がある（装置含む）。

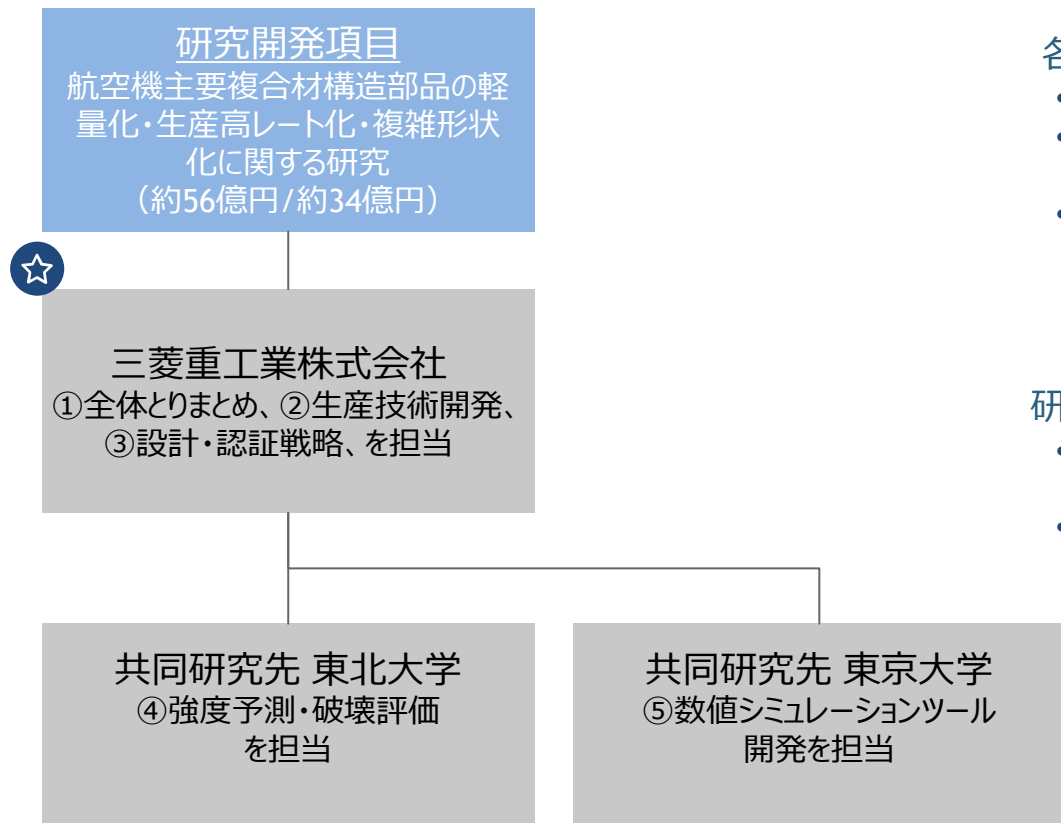
略語
 - JDP: Joint Definition Phase
 - MHI: Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.
 - OEM: Original Equipment Manufacturer

2. 研究開発計画 / (4) 研究開発体制

研究開発実施体制と役割分担

実施体制図

※金額は、総事業費/国費負担額



各主体の役割と連携方法

各主体の役割

- 研究開発項目の全体の取りまとめは、三菱重工業株式会社が行う。
- 三菱重工業株式会社は、①全体とりまとめ、に加え、②生産技術開発、③設計・認証戦略、を担当する。
- 東北大学は④複合材中に発生する損傷・破壊のモデリングを実験、理論、計算によって統合的に実施し、東京大学と連携しながら、それらに基づく強度予測・破壊評価を実施する。東京大学は④の知見に基づき、⑤強度予測・破壊評価により適した新規数値シミュレーションツール開発を担当する。

研究開発における連携方法

- 三菱重工業株式会社は、東北大学、東京大学の各々と共同研究契約を締結し、成果物の権利、納入物件を明確化する。
- 両者間（含む3者協議）で月次定例会議を実施し、進捗管理と技術課題の解決を図る。

※総事業規模は、実施者の自己負担も含めた総投資額。国費負担額はNEDOからの委託費・補助金の額（インセンティブ満額の場合）

2. 研究開発計画 / (5) 技術的優位性

国際競争における技術的優位性

研究開発項目	研究開発内容	活用可能な技術等	競合他社に対する優位性・リスク
航空機主要複合材構造部品の軽量化・生産高レート化・複雑形状化に関する研究	1 機体軽量化の為に一体化成形技術と設計歪の向上	<ul style="list-style-type: none"> MHIは、国産旅客機開発や社内研究を通じRTM工法の課題と対策方法、及びファスナレス実現のための課題と当局調整経験を有す。 東北大学・東京大学は、複合材の破壊シミュレーション技術で世界トップクラス。多数学会・論文発表あり。 	<ul style="list-style-type: none"> → 複合材構造の開発実績あり、MHIは欧米に負けない高い技術力を有す。 我が国の当局調整能力は欧米に遅れ気味。MHIと東北大学・東京大学の協力で、欧米当局との対峙を優位に進める。
	2 複合材適用拡大の為に生産高レート化	<ul style="list-style-type: none"> MHIは、複合材生産技術と中量産品製造知見のシナジー効果で、月産レート増強、コストダウン活動の推進が可能。 	<ul style="list-style-type: none"> → 単通路機を想定した月産50～60機は未経験。生産レート観点では海外他社に経験で劣る。
	3 将来高効率機体に必要な部品の複雑形状化	<ul style="list-style-type: none"> MHIは、国産旅客機開発や社内研究の複合材構造開発において曲面部品の欠陥を最小化する工法・設計法を採用。将来高効率機体の複雑形状部品は本技術の拡張をベースに研究開発を進める。 	<ul style="list-style-type: none"> → 欠陥レス達成に必要なノウハウ・IPを有す。 ドライ繊維基材を用いたRTM技術は特に欧州が先行。欠陥レス技術も、欧州が追随してきて、優位性が薄れる可能性あり。

略語

- MHI: Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.
- RTM: Resin Transfer Molding

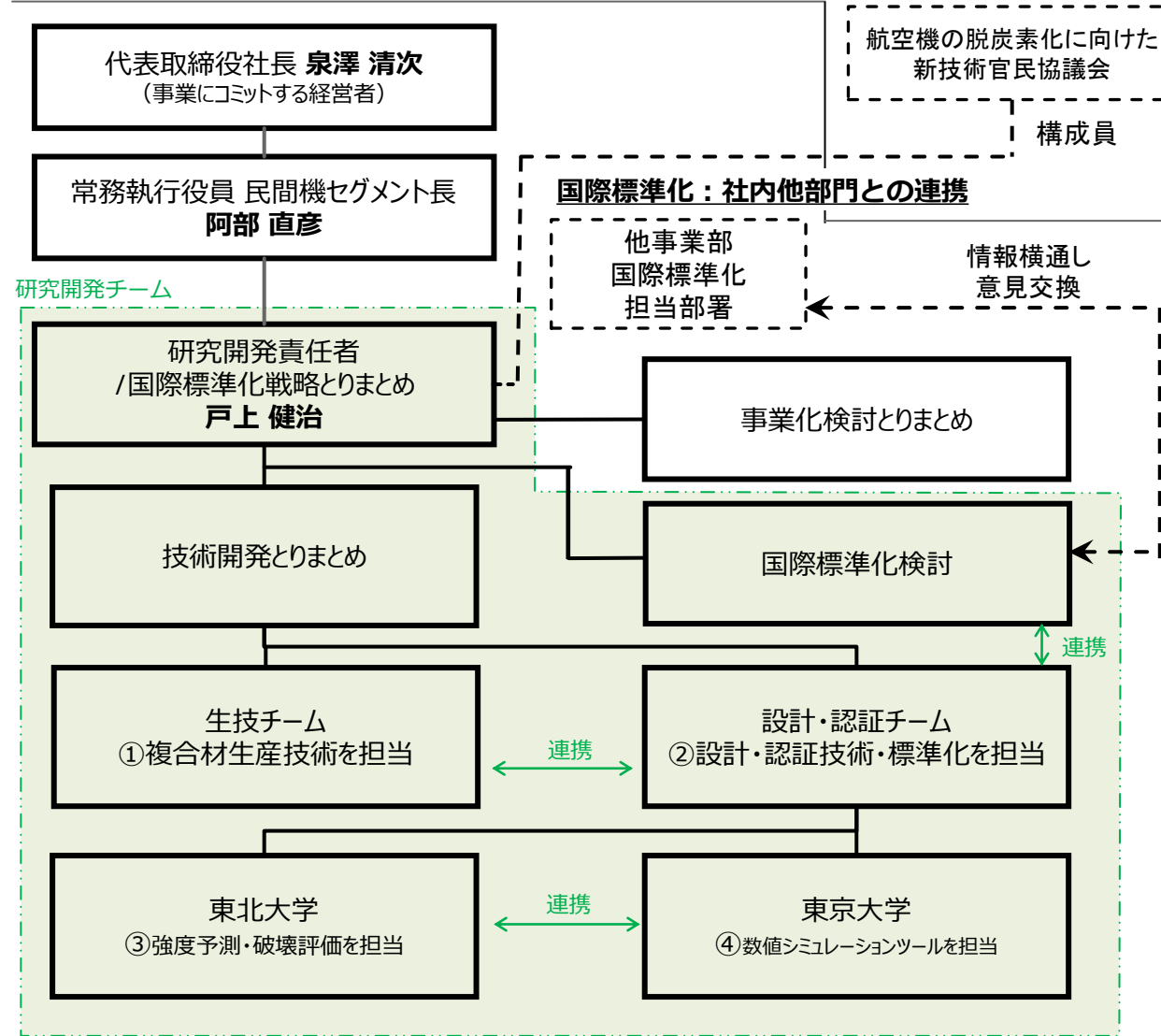
3. イノベーション推進体制

(経営のコミットメントを示すマネジメントシート)

3. イノベーション推進体制／（1）組織内の事業推進体制

体制図 及び 役割分担

組織内体制図



組織内の役割分担

研究開発責任者と担当部署

- 研究開発責任者 / 国際標準化戦略とりまとめ
 - 研究開発事業及び国際標準化戦略の全体とりまとめ
- 技術開発とりまとめ
 - 複合材技術開発とりまとめ
- 事業化検討とりまとめ
 - 事業化検討とりまとめ
- 担当チーム
 - 生技チーム： ①生産技術開発を担当
 - 設計・認証チーム： ②設計・認証技術・標準化を担当
 - 東北大学： ③強度予測・破壊評価を担当
 - 東京大学： ④数値シミュレーションツールを担当

部門間の連携方法

- 半年毎、経営層向け進捗報告
- 四半期毎、研究開発チーム全体の進捗確認
- 月次会議（設計・認証、東北大学、東京大学）による進捗確認
- 週次会議（研究開発責任者、生技、設計認証）による進捗確認

3. イノベーション推進体制／（2）マネジメントチェック項目① 経営者等の事業への関与

経営者等による当該事業への関与の方針

経営者等による具体的な施策・活動方針

- 経営者のリーダーシップ
 - 2050年カーボンニュートラルの実現に向け、組織を横断した連携によるエナジートランジションを促進する。
 - 民間航空機分野は、長期的な成長領域。事業効率化・新技術開発を促進し、国際新規プログラムへの参画を図る。
 - 上記を成長領域・今後取組として事業計画に示し、社内外に発信。
- 事業のモニタリング・管理
 - 半年毎に、経営層に事業進捗を報告。進捗が認められるとの評価。
 - 四半期毎に研究開発チーム全体で進捗確認し、課題や成果の共有を行なう。
 - 軽量化、生産高レート化、複雑形状化、それぞれのKPIに対する達成度をもとに、事業推進方策（OEMへの技術提案）を推進。

略語

- KPI: Key Performance Indicator
- OEM: Original Equipment Manufacturer

経営者等の評価・報酬への反映

- 本研究開発事業の進捗状況、成果を、関係者の評価、報酬に反映。

事業の継続性確保の取組

- 事業計画（3年毎更新）に、民間航空機分野の取組方針として「新技術開発」及び「国際新規プログラム参画」を継続的に示し、本研究開発事業の継続性を確保。
- 現在策定中の次期事業計画中の研究開発計画に、本事業投資を盛り込むための社内稟議中

3. イノベーション推進体制／（3）マネジメントチェック項目② 経営戦略における事業の位置づけ

全社戦略の一部として当該研究を位置づけ、企業価値向上とステークホルダーとの対話を推進

取締役会等コーポレート・ガバナンスとの関係

カーボンニュートラルに向けた全社戦略

- 事業計画において、自社グループの重点テーマに「グリーン社会の実現」を設定。
- 2050年カーボンニュートラルの実現に向け、組織を横断したグループ内外の連携を進める。
- 2021年10月に社外に対して三菱重工グループは、2040年カーボンニュートラルを宣言。

「2020年に発表した中期事業計画である「2021事業計画」において、エネルギー供給側で脱炭素化を目指す「エナジートランジション」と、エネルギー需要側で脱炭素・省エネ・省人化を実現する「モビリティ等の新領域」を2つの成長領域に決めました。これらの領域の事業を推進し、また既存の事業の脱炭素化・電化・知能化を推進することにより、2040年Net Zeroを実現し、カーボンニュートラル社会の実現に向けて貢献していきます。」

事業戦略・事業計画の決議・変更

- カーボンニュートラルに向けた事業戦略・計画は、事業計画として発行。
- 決議や計画変更は、社内及び本研究開発関係者に広く周知する。

決議事項と研究開発計画の関係

- 成長戦略の一項目として本研究開発の進捗を取締役会に報告し、決議事項を研究開発計画に反映する。

ステークホルダーとの対話、情報開示

• 情報開示の方法

- 本研究開発事業の内容・進捗は、IR活動の一環として、決算資料の中で報告している（2021年度から有価証券報告書に記載）。
- 本研究開発事業の狙いをカーボンニュートラルに向けた全社戦略の一部として对外公表した（三菱重工技報 Vol. 59 No. 4 カーボンニュートラル特集, 2022年10月）。
- 本研究開発事業の成果が新規事業の受注につながった場合、プレスリリース等により对外公表する。

• ステークホルダーへの説明

- 事業の効果、社会的価値は、投資家へはIR活動の中で、パートナ・サプライヤへは定期的な横通し会で説明する。

略語

- IR: Investor Relations

3. イノベーション推進体制／（4）マネジメントチェック項目③ 事業推進体制の確保

機動的に経営資源を投入し、社会実装、企業価値向上に繋ぐ組織体制を整備

経営資源の投入方針

- 実施体制の柔軟性の確保
 - 民間機セグメントの主要事業と位置づけ、責任者と専任チームをアサインし、必要なリソースを投入する。
 - 研究開発責任者が定期的に計画・進捗を監視し、目標達成に向け推進・管理を行なう。
- 人材・設備・資金の投入方針
 - 民間機セグメントから、国産航空機開発や社内研究を通じ複合材技術の知見・経験を有す技術者を投入する。
 - 技術開発の拠点は三菱重工名古屋航空宇宙システム製作所大江工場におき、共同研究先の東北大学、東京大学でも担当する研究を進める。
 - 本研究開発の総期間である10年間に、必要な研究開発資金を投入する。
- 機動的な経営資源投入
 - 本研究開発を進める中で随時発生する課題に対して、民間機セグメント内だけでなく、全社組織の総合研究所の各拠点からも、課題解決に有効な要素技術の知見・経験を有す有識者を投入する。

専門部署の設置と人材育成

- 専門部署の設置
 - 担当組織を設け、各階層に適切な権限移譲を行い、研究開発を推進する。
 - 研究開発チーム
 - 研究開発の主体となるチーム。
 - 各実行チーム（生技、設計・認証）、東北大学、東京大学研究開発チーム内のサブチーム。
 - KPI達成を目標に、組織内課題に対する意思決定権限を有す。また、横断的連携で技術課題の解決に協力する。
- 若手人材の育成(含む標準化戦略人材)
 - 実行チームに若手技術者を投入し、飛行機技術者としての育成も促進する。
 - 破壊評価における大学との共同研究を通じ、アカデミア内の若手研究者とメーカ技術者の意見交換を促進し、次世代技術者の醸成・業界定着を図る。
 - CMH-17等の国際標準化団体や、「航空機の脱炭素化に向けた新技術官民協議会」に若手技術者を参画させ、標準化戦略人材としての育成も促進する。

4. その他

4. その他 / (1) 想定されるリスク要因と対処方針

リスクに対する対策、及び 事業中止の判断基準

研究開発（技術）におけるリスクと対応

- KPI目標未達のリスク
→ 定期的な社内技術レビューに加え、当局動向（含む調整）やOEMの機体構想のウォッチによる目標最適化を図る。
- 技術IPが流出するリスク
→ セキュリティ対策を周知徹底し、社外共有前の特許化を推進する。

社会実装（経済社会）におけるリスクと対応

- OEMによる構造事業内製化リスク
→ 差別化できる技術IPを獲得し、OEMに対する優位性を確保する。
- 航空当局(FAA/EASA)の法改正による事業化遅延リスク
→ 当局動向を常にウォッチし、法改正に応じて開発内容・目標の見直しを実施

その他（自然災害等）のリスクと対応

- 地震(例：南海トラフ地震)・津波等による研究開発拠点崩壊リスク
→ 事業継続計画(BCP)に基づく災害対策
- 社員のコンプライアンス違反により研究開発継続困難となるリスク
→ 2回/年のコンプライアンス教育、NEDO事業の適正な遂行に関する教育



● 事業中止の判断基準：

- 技術開発の途上でも複合材構造コンポーネントの受注可能性が喪失した場合には事業中止とする。
（自社以外への発注が確実となった場合、次世代機に金属構造が採用される場合、次期飛行機の計画変更があった場合、など）
- 想定外の技術的解決不可能な問題が明らかになった場合には事業中止とする。

略語

- BCP: Business Continuing Plan
- EASA: European Aviation Safety Agency
- FAA: Federal Aviation Administration
- IP: Intellectual Property
- KPI: Key Performance Indicator
- OEM: Original Equipment Manufacturer